

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Агеева Максима Игоревича** на тему **Получение порошков жаропрочных никелевых сплавов и их применение в аддитивных технологиях**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Благодаря возможности получения микро- и макроструктур с однородным составом, методы прямого лазерного выращивания (ПЛВ) и селективного лазерного сплавления (СЛС) являются одними из наиболее эффективных для изготовления сложных деталей с улучшенными и стабильными эксплуатационными характеристиками. Для возможности изготовления деталей данными методами особые требования предъявляются к размерам и форме исходных порошковых прекурсоров. Диссертационная работа Агеева М.И. направлена на разработку способов, позволяющих оптимизировать как свойства и размеры исходных порошков, так и параметры синтеза сложных деталей методами ПЛВ, СЛС и элементного СВС из полученных порошков. Таким образом, актуальность работы Агеева М.И. не вызывает сомнений и подтверждается ее выполнением в рамках государственного задания, гранта российского научного фонда и хозяйственных договоров с ПАО «Русполимет».

В работе выполнена механоактивация промышленных порошков жаропрочных никелевых сплавов и показано улучшение их свойств. Полученные порошки были использованы для изучения влияния легирующих добавок и метода синтеза на структуру и свойства экспериментальных образцов турбинных лопаток. В частности, определены такие характеристики как прочность, сопротивление деформации, устойчивость к окислению в среде воздуха при 1150°C. В результате выбраны оптимальные режимы для изготовления деталей для полноценных тепломеханических испытаний. При выполнении работы автором были применены разные методы синтеза деталей из жаропрочных никелевых сплавов и использован комплекс современных методов анализа исходных порошков, промежуточных продуктов и полученных материалов. Полученные разными методами результаты являются достоверными, не противоречат и дополняют друг друга.

Научная новизна полученных результатов заключается в установлении закономерностей формирования фаз, повышающих прочность, временное сопротивление деформации и стойкость к окислению деталей, изготавливаемых из порошков модифицированной формы с применением легирующих добавок и дополнительной обработки (термообработка, прессование).

Большая часть результатов работы имеет практическую значимость, поскольку в работе предложены способы улучшения исходных прекурсоров и определены режимы синтеза деталей сложной формы из порошков жаропрочных никелевых сплавов. Результаты подтверждены прямым определением свойств экспериментальных и модельных образцов, и закреплены зарегистрированными технологической инструкции и ноу-хау.

Результаты диссертационной работы изложены в 17 публикациях, в том числе, в рекомендуемых ВАК статьях, в тезисах и докладах научно-практических мероприятий с международным участием, и одном ноу-хау.

К автореферату имеются следующие вопросы:

Сплавы, полученные разными методами (СЛС-литье и элементный СВС), содержат молибден в составе. Почему при их окислении формирование летучих оксидов молибдена наблюдается только для сплавов, полученных элементным СВС?

Проводилось ли измерение гранулометрического состава и удельной поверхности порошков сплавов до и после механоактивации?

Какой из исследованных методов изготовления сложных деталей представляется более эффективным по имеющимся результатам?

По объему и качеству полученных новых результатов, актуальности, научной и практической значимости диссертационная работа Агеева М.И. представляется законченным исследованием. Она в полной мере отвечает всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным «Положениями о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор, Агеев М.И., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Научный руководитель Института  
высокотемпературной электрохимии УрО РАН,  
проф., д-р хим. наук

Зайков Юрий Павлович  
1 декабря 2023 г.

ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, 620137, г. Екатеринбург, ул. Академическая, 20.  
[info@ihte.ru](mailto:info@ihte.ru) +7 (343) 374-50-89

Я, Зайков Юрий Павлович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Агеева М.И., и их дальнейшую обработку.

Подпись Зайкова Ю.П. заверяю,  
зам. директора ИВТЭ УрО РАН,  
канд. хим. наук



Зайков Юрий Павлович  
Холкина Анна Сергеевна  
1 декабря 2023 г.